

2.1 MAR 2005 1,559

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 4 月 1 日 (01.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/026665 A1

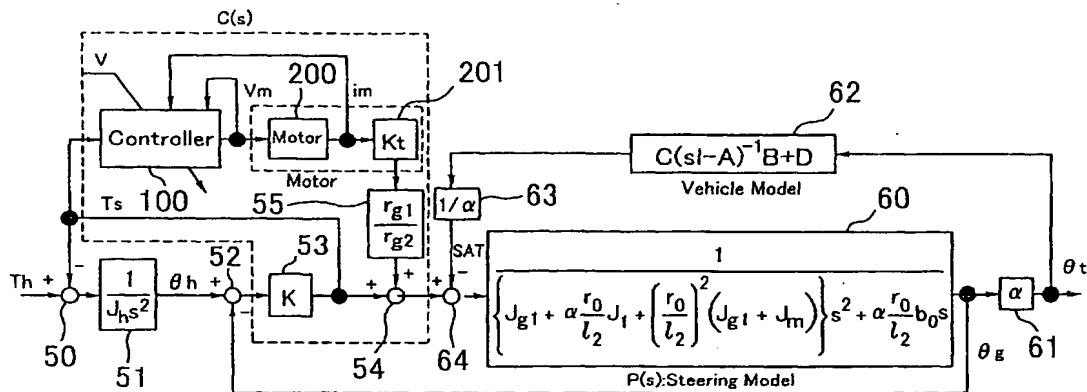
(51) 国際特許分類: B62D 6/00, 5/04  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011632  
(22) 国際出願日: 2003 年 9 月 11 日 (11.09.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2002-272830 2002 年 9 月 19 日 (19.09.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒141-8560 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号 Tokyo (JP).  
(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡本 峯基 (OKAMOTO, Mineki) [JP/JP]; 〒371-8527 群馬県前橋

市 鳥羽町 7 8 番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP).  
遠藤 修司 (ENDO, Shuji) [JP/JP]; 〒371-8527 群馬県前橋市 鳥羽町 7 8 番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP).  
(74) 代理人: 安形 雄三 (AGATA, Yuzo); 〒107-0052 東京都港区 赤坂 2 丁目 1 3 番 5 号 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.  
(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,

[続葉有]

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR MOTORIZED POWER STEERING DEVICE

(54) 発明の名称: 電動パワーステアリング装置の制御装置



(57) Abstract: A motorized steering device so designed as to control a motor based on a steering assist command value computed based on a steering torque generated on a steering shaft and on a current command value computed from the current detection value of the motor that gives a steering assist force to a steering mechanism, the device comprising, in order to concurrently realize ideal road information sensitivity and steering feeling in a frequency region, a torque filter for processing a torque signal, an SAT estimation function, and an SAT filter for signal-processing estimation information from the SAT estimation function, the device having 2-degree-of-freedom control system that permits the frequency characteristics of steering feeling and road information sensitivity to be independently designed.

(57) 要約: ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基づいて演算された操舵補助指令値と、ステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの電流検出値とから演算した電流指令値に基づいて、前記モータを制御するようになっている電動パワーステアリング装置において、周波数領域で同時に理想的な路面情報感度と操舵感を実現するため、トルク信号を処理するトルクフィルタと、SAT 推定機能と、前記 SAT 推定機能からの SAT 情報を信号処理するための SAT フィルタとを具備し、操舵感と路面情報感度の周波数特性を独立して設計することができる 2 自由度制御系を有する電動パワーステアリング装置を提供する。

WO 2004/026665 A1



AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

## 電動パワーステアリング装置の制御装置

## 5 技術分野

本発明は、自動車や車両の操舵系にモータによる操舵補助力を付与するようにした電動パワーステアリング装置に関し、特に周波数領域で理想的な操舵感と路面情報感度とを同時に実現するため、操舵感と路面情報感度とをそれぞれ独立して設計できる2自由度制御系で構成した電動

## 10 パワーステアリング装置に関する。

## 背景技術

自動車や車両のステアリング装置をモータの回転力で補助負荷付勢する電動パワーステアリング装置は、モータの駆動力を、減速機を介して  
15 ギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に補助負荷付勢するようになっている。かかる従来の電動パワーステアリング装置は、アシストトルク（操舵補助トルク）を正確に発生させるため、モータ電流のフィードバック制御を行っている。フィードバック制御は、電流指令値とモータ電流検出値との差が小さくなるように  
20 モータ印加電圧を調整するものであり、モータ印加電圧の調整は、一般的にPWM（パルス幅変調）制御のデューティ比の調整で行っている。

ここで、電動パワーステアリング装置の一般的な構成を第7図に示して説明すると、操向ハンドル1のコラム軸2は減速ギア3、ユニバーサルジョイント4a及び4b、ピニオンラック機構5を経て操向車輪のタイロッド6に結合されている。コラム軸2には、操向ハンドル1の操舵  
25 トルクを検出するトルクセンサ10が設けられており、操向ハンドル1

の操舵力を補助するモータ 20 が減速ギア 3 を介してコラム軸 2 に結合されている。パワーステアリング装置を制御するコントロールユニット 30 には、バッテリー 14 からイグニッションキー 11 及びリレー 13 を経て電力が供給され、コントロールユニット 30 は、トルクセンサ 10 で  
5 検出された操舵トルク  $T$  と車速センサ 12 で検出された車速  $V$  とに基いてアシスト指令の操舵補助指令値  $I$  の演算を行い、演算された操舵補助指令値  $I$  に基いてモータ 20 に供給する電流を制御する。

コントロールユニット 30 は主として CPU (MPU も含む) で構成されるが、その CPU 内部においてプログラムで実行される一般的な  
10 機能を示すと第 8 図のようになる。例えば位相補償器 31 は独立したハードウェアとしての位相補償器を示すものではなく、CPU で実行される位相補償機能を示している。

コントロールユニット 30 の機能及び動作を説明すると、トルクセンサ 10 で検出されて入力される操舵トルク  $T$  は、操舵系の安定性を高めるために位相補償器 31 で位相補償され、位相補償された操舵トルク  $T$   
15  $A$  が操舵補助指令値演算器 32 に入力される。また、車速センサ 12 で検出された車速  $V$  も操舵補助指令値演算器 32 に入力される。操舵補助指令値演算器 32 は、入力された操舵トルク  $T A$  及び車速  $V$  に基いてモータ 20 に供給する電流の制御目標値である操舵補助指令値  $I$  を決定する。操舵補助指令値  $I$  は減算器 30 A に入力されると共に、応答速度を  
20 高めるためのフィードフォワード系の微分補償器 34 に入力され、減算器 30 A の偏差  $(I - i)$  は比例演算器 35 に入力されると共に、フィードバック系の特性を改善するための積分演算器 36 に入力される。微分補償器 34 の出力と共に、比例演算器 35 及び積分演算器 36 の出力  
25 も加算器 30 B に加算入力され、加算器 30 B での加算結果である電流制御値  $E$  が、モータ駆動信号としてモータ駆動回路 37 に入力される。モータ 20 の電流  $i$  はモータ電流検出回路 38 で検出され、減算器 30

Aにフィードバックされる。

このような従来の電動パワーステアリング装置では、その設計の自由度を生かして安定かつ快適な操舵感を得るために、周波数領域において操舵感と路面情報感度の伝達特性を設計することが提案されている（例えば特開 2 0 0 1 - 3 3 4 9 4 8）。つまり、制御装置の周波数に対する相補感度関数を、抑圧したい外乱が存在する帯域では“1”に近づくようにし、伝えたい外乱が存在する帯域ではゼロに近づくように設定している。相補感度関数の定義から“1”のときは完全に外乱を抑圧し、ゼロのときは全く抑圧されずに伝わることを意味するからである。

10

電動パワーステアリング装置における性能評価の指標として操舵感と路面情報感度が考えられる。しかしながら、従来の電動パワーステアリング装置はこれら2つの指標を表わす伝達特性が互いに従属関係を持っているため、同時に2つの指標を満足する制御系を設計することは困難であるという問題があった。つまり、操舵感と路面情報感度が互いに従属関係を持っているため、操舵感と路面情報感度を独立して設計することができず、理想的な操舵感と路面情報感度を同時に満足する制御装置を設計することが困難であった。

15

本発明は上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、周波数領域で理想的な操舵感と路面情報感度を同時に実現するため、操舵感と路面情報感度をそれぞれ独立して設計できる2自由度制御系で構成された電動パワーステアリング装置を提供することにある。

20

#### 発明の開示

本発明は、ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基づいて演算された操舵補助指令値と、ステアリング機構に操舵補助力を与えるモー

25

タの電流検出値とから演算した電流指令値に基いて、前記モータを制御するようになっている電動パワーステアリング装置に関するもので、本発明の上記目的は、トルク信号を処理するトルクフィルタと、S A T推定機能と、前記S A T推定機能からのS A T情報を信号処理するためのS A Tフィルタとを設け、操舵感と路面情報感度の周波数特性を独立して設計することができる2自由度制御系を構成することによって達成される。

また、本発明の上記目的は、前記操舵感のゲインができるだけ高い周波数まで一定値を保つように設定することにより、或いは前記路面情報感度が不要な周波数帯域の情報を除去することにより、或いは前記不要な周波数帯域を10Hz～30Hzとすることによって、より効果的に達成される。

#### 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施例の構成例を示すブロック線図である。第2図は、コントロールユニットの構成例を示すブロック図である。第3図は、第2図の簡略化図である。第4図は、S A Tの推定を説明するための図である。第5図は、操舵感の目標伝達特性を示す図である。第6図は、路面感度情報の目標伝達特性を示す図である。第7図は、一般的なパワーステアリング装置の構成例を示す図である。第8図は、コントロールユニットの構成例を示すブロック図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明では、ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基いて演算された操舵補助指令値と、ステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの電流検出値とから演算した電流指令値に基いて、モータを制御するようになっている電動パワーステアリング装置において、トルクセ

ンサからのトルク信号を処理するトルクフィルタと、トルク信号やモータ角速度等に基づいてセルフアライニングトルク（SAT）の推定を行うSAT推定機能と、SAT推定機能で推定されたSAT情報を信号処理するためのSATフィルタとを設け、操舵感（ハンドル舵角から操舵トルクまでの伝達特性）と路面情報感度（路面反力から操舵トルクまでの伝達特性）の周波数特性をそれぞれ独立して設計することができる2自由度制御系の構成としている。このため、理想的な操舵感と路面情報感度特性を同時に満足することができる制御系を、容易に設計することができる利点を有している。

- 10     なお、路面情報感度調整は、自動車のサスペンション特性を変更することによって行っても良い。

以下、本発明の実施例を、図面を参照して詳細に説明する。本発明は電動パワーステアリングの形式（コラムタイプ、ピニオンタイプ、ラックタイプ等）、モータの種類（ブラシ付き、ブラシレス等）を問わず全  
15     ての電動パワーステアリング装置に应用することができる。

本発明は、トルク信号に対するトルクフィルタと、SATを推定して出力するSAT推定機能と、SAT推定機能で推定されたSAT推定値を周波数領域で信号処理することができるSATフィルタとを設け、操舵感と路面情報感度の周波数特性をそれぞれ独立に調整して設計  
20     とができる2自由度制御系としている。その結果、理想的な操舵感と路面情報感度特性を同時に満足する制御系を容易に設計することができる。

第1図は、本発明の電動パワーステアリング装置の全体構成のブロック線図であり、操舵ハンドルからの操舵トルク  $T_h$  は減算器50を経てステアリングホイール（伝達関数： $1/J_h s^2$ ）51に伝達され、更に減算器52を経てコントローラ  $C(s)$ に入力される。コントローラ  $C(s)$ 内の  
25     ブロック53はトーションバーの剛性（伝達関数： $K$ ）であり、コント

ローラ  $C(s)$  の出力は減算器 6 4 を経てステアリングモデル（伝達関数： $P(s)$ ） 6 0 に入力され、ステアリングモデル 6 0 の出力  $\theta_g$  は減算器 5 2 にフィードバックされ、更にオーバオールステアリングギヤ比（伝達関数： $\alpha$ ） 6 1 を経て出力されると共に、車両モデル（伝達関数： $C(sI-A)^{-1}B+D$ ） 6 2 及びフィードバックブロック（伝達関数： $1/\alpha$ ） 6 3 を経て SAT 情報として減算器 6 4 に入力される。なお、ステアリングモデル 6 0 及び車両モデル 6 2 の伝達関数はいずれも公知のものである。

コントローラ  $C(s)$  はコントロールユニット 1 0 0、減速ギヤ比（伝達関数： $r_{g1}/r_{g2}$ ） 5 5、トーションバー（伝達関数： $K$ ） 5 3、加算器 5 4 で構成されており、操舵補助用のモータ 2 0 0 を駆動制御するようになっている。モータ 2 0 0 のモータ電流  $i_m$  はコントロールユニット 1 0 0 に入力されると共に、モータのトルク定数（伝達関数： $K_t$ ） 2 0 1、減速ギヤ比 5 5 を経て加算器 5 4 に入力される。コントロールユニット 1 0 0 の詳細は第 2 図に示すブロック構成となっており、トルク制御器 1 1 0 とモータ駆動系 1 4 0 とで構成されており、モータ駆動部 2 0 2 を介してモータ 2 0 0 を駆動制御する。

トルク信号  $Tr$  はアシスト量演算部 1 1 1、微分制御器 1 1 2、ヨーレート収れん性制御部 1 2 2 及び SAT 推定機能 1 2 0 にそれぞれ入力され、車速信号  $Vel$  はアシスト量演算部 1 1 1 及びヨーレート収れん性制御部 1 2 2 にそれぞれ入力される。アシスト量演算部 1 1 1 の出力は微分制御器 1 1 2 の出力と共に加算器 1 1 3 に入力され、その加算結果がトルクフィルタ 1 1 4 に入力されて信号処理され、信号処理されたフィルタ出力が SAT 推定機能 1 2 0 に入力されると共に、加算器 1 1 5 を経てロバスト安定化補償器 1 1 6 に入力される。ヨーレート収れん性制御部 1 2 2 の出力は加算器 1 1 5 に入力される。また、SAT 推定機



能 1 2 0 からの S A T 情報は S A T フィルタ 1 2 1 で信号処理されて減算器 1 1 7 に、ロバスト安定化補償器 1 1 6 の出力と共に入力されて減算処理される。

- ロバスト安定化補償器 1 1 6 の出力は減算器 1 1 7 を経てモータ駆動系 1 4 0 内の加算器 1 4 1 に入力され、その加算結果が補償器 1 4 2 を経て加算器 1 4 3 に入力され、その加算結果がモータ駆動部 2 0 2 に入力されると共に外乱推定器 1 4 4 に入力される。モータ駆動部 2 0 2 の出力（端子電圧） $V_m$  でモータ 2 0 0 が駆動され、出力  $V_m$  及びモータ出力電流  $i_m$  がモータ角速度推定部 1 4 5 に入力され、更にモータ出力電流  $i_m$  は外乱推定器 1 4 4 にも入力される。モータ角速度推定部 1 4 5 で推定されたモータ角速度  $\omega$  はモータ角加速度推定部 1 4 6、ヨーレート収れん性制御部 1 2 2 及び S A T 推定機能 1 2 0 に入力される。モータ角加速度推定部 1 4 6 からのモータ角加速度  $\times \omega$  はモータ慣性補償部 1 4 7 に入力されると共に、S A T 推定機能 1 2 0 に入力される。
- このような構成において、アシスト量演算部 1 1 1 はトルク信号  $T_r$  及び車速信号  $V_{el}$  に基づき所定演算式に従ってアシスト量を演算し、微分制御器 1 1 2 はステアリングの中立点付近の制御応答性を高め、滑らかでスムーズな操舵を実現するために作用する。ロバスト安定化補償器 1 1 6 は例えば特開平 8 - 2 9 0 7 7 8 号公報に示されている補償器であり、 $s$  をラプラス演算子とする特性式  $G(s) = (s^2 + a_1 \cdot s + a_2) / (s^2 + b_1 \cdot s + b_2)$  を有し、トルク信号  $T_r$  に含まれる慣性要素とバネ要素から成る共振系の共振周波数のピーク値を除去し、制御系の安定性と応答性を阻害する共振周波数の位相のずれを補償している。また、ヨーレート収れん性制御部 1 2 2 は、車両のヨーの収れん性を改善するためにハンドルが振れ回る動作に対してブレーキをかけるようになっており、モータ慣性補償部 1 4 7 はモータ角加速度  $\times \omega$  をゲイン倍（数段階）してモ

ータ慣性補償値とする。更に、外乱推定器 144 は例えば特開平 8-310417 号公報で示されるような装置であり、モータ出力の制御目標である補償器 142 で補償された電流指令値に外乱推定器 144 の出力を加算した信号と、モータ電流値  $i_m$  とに基づいて、制御系の出力基準  
5 における希望するモータ制御特性を維持することができ、制御系の安定性を失うことがないようにしている。なお、モータ角速度推定部 145 における角速度の推定は、モータ端子電圧  $V_m$  及びモータ電流  $i_m$  に基づいて公知の方法にて行われる。

ここで、SAT 推定機能 120 について説明する。SAT 推定機能 120 は、例えば本出願人による特願 2001-171844 に示されているものを適用することができる。以下に、その概略を説明する。

路面からステアリングまでの間に発生するトルクの様子示すと第 4 図のようになり、運転者がハンドルを操舵することによって操舵トルク  $T_h$  が発生し、その操舵トルク  $T_h$  に従ってモータがアシストトルク  $T_m$  を  
15 発生する。その結果、車輪が転舵され、反力として SAT が発生する。その際、モータの慣性  $J$  及び摩擦（静摩擦） $F_r$  によってハンドル操舵の抵抗となるトルクが生じる。これらの力の釣り合いを考えると、下記（1）式のような運動方程式が得られる。

$$20 \quad J \cdot \dot{\omega} + F_r \cdot \text{sign}(\omega) + SAT = T_m + T_h \quad \cdots (1)$$

ここで、上記（1）式を初期値ゼロとしてラプラス変換し、SAT について解くと下記（2）式が得られる。

$$25 \quad SAT(s) = T_m(s) + T_h(s) - J \cdot s \omega(s) + F_r \cdot \text{sign}(\omega(s)) \quad \cdots (2)$$

上記（２）式から分るように、モータの慣性  $J$  及び静摩擦  $F_r$  を定数として予め求めておくことで、モータ角速度  $\omega$ 、モータ角加速度  $\ast \omega$ 、操舵補助力及び操舵信号より  $SAT$  を推定することができる。かかる理由より、 $SAT$  推定機能 120 にはトルク信号  $T_r$ 、モータ角速度  $\omega$ 、モータ角加速度  $\ast \omega$ 、アシスト量演算部 111 のトルクフィルタ 114 の出力がそれぞれ入力されている。

また、 $SAT$  推定機能 120 で推定した  $SAT$  情報をそのままフィードバックした場合、ステアリングが重くなり過ぎるため、操舵感覚を向上することはできない。このため、周波数特性を有する  $SAT$  フィルタ 121 を用いて  $SAT$  の推定情報を信号処理し、操舵感覚を向上するのに必要十分な情報のみを出力するようにしている。

次に、２自由度制御系の構成について説明する。第１図のブロック線図中のコントロールユニット 100 は第２図に示すような構成となっており、トルク信号  $T_r$  を処理するトルクフィルタ 114 と、 $SAT$  を推定する  $SAT$  推定機能 120 と、 $SAT$  推定機能 120 からの  $SAT$  情報を信号処理する  $SAT$  フィルタ 121 とを含んでいる。第１図のブロック線図において、トーションバー 53 の剛性  $K$  と電動パワーステアリングのコントローラを合わせて新たにコントローラ  $C(s)$  とし、ステアリング系を  $P(s)$  とすることで、第３図のような一般的な制御系で表わすことができる。第３図において、コントローラ  $C(s)$  から出力される操作量  $u$  について考えると、下記（３）式の関係式が得られる。

$$u = T_s + T_m - Q \cdot \hat{SAT} \quad \dots (3)$$

上記（３）式において、 $T_s$  は操舵トルク（検出値）、 $T_m$  はモータによるアシストトルク、 $Q$  は  $SAT$  推定値を周波数領域で加工することが可

能なSATフィルタ121、ハットSATはSAT推定機能による推定値を示す。ここで、SAT推定機能120とそのフィルタ121を除いた部分のコントローラを $C'(s)$ とし、推定されるSATと実際のSATが等しいとすると(SAT=ハットSAT)、以下の伝達関数式が得られる。コントローラ $C'(s)$ にはトルク信号 $T_r$ に対するトルクフィルタ114も含まれる。

$$\theta_g = \frac{PC}{1+PC'} \theta_h - \frac{(1+Q)P}{1+PC'} T_{sat} \quad \dots (4)$$

- 10 電動パワーステアリング装置の制御装置における評価関数として操舵感(ハンドル舵角 $\theta_h$ から操舵トルク $T_s$ までの伝達特性) $G_{sf}$ と路面情報感度(路面反力SATから操舵トルク $T_s$ までの伝達特性) $G_{ds}$ を考えるために、(3)式にトルクの検出特性を示す $T_s = K(\theta_h - \theta_g)$ を代入することで、下記(5)式を導出することができる。

$$T_s = \frac{K}{1+PC'} \theta_h - \frac{K(1+Q)P}{1+PC'} T_{sat} \quad \dots (5)$$

ここで、路面情報感度 $G_{ds}$ と操舵感 $G_{sf}$ はそれぞれ下記(6)式及び(7)式で表わすことができる。

$$G_{ds} = \{K(1+Q)P\}/(1+PC') \quad \dots (6)$$

$$G_{sf} = K/(1+PC') \quad \dots (7)$$

これら(6)式及び(7)式から、路面情報感度 $G_{ds}$ と操舵感 $G_{sf}$ との間には下記(8)式の関係式が存在することが分かる。

$$G_{ds} = G_{sf} \cdot P(1 + Q) \quad \dots (8)$$

ここにおいて、 $K$ はトーションバーの剛性、 $P$ は制御対象を表わすため、制御系の設計はコントローラ  $C'$  及び  $SAT$  フィルタ  $Q$  を調整して路面情報感度  $G_{ds}$  及び操舵感  $G_{sf}$  が望ましい特性となるようにする。設計の手順としては、始めにコントローラ  $C'$  を調整して操舵感  $G_{sf}$  を所望の特性にした後で、 $SAT$  フィルタ  $Q$  を調整することで路面情報感度  $G_{ds}$  を所望の特性にする。しかし、システムが  $SAT$  推定機能 120 とその  $SAT$  フィルタ 121 を持たない場合 ( $Q=0$ )、2 自由度制御系を構成できないため、コントローラ  $C'$  の調整だけで路面情報感度  $G_{ds}$  及び操舵感  $G_{sf}$  を所望の伝達関数にしなければならない。そのため、路面情報感度  $G_{ds}$  及び操舵感  $G_{sf}$  の特性を同時に満足する制御系を設計するのは困難である。

そこで、本発明のように先ずトルク信号  $T_r$  に対するトルクフィルタ 114 を含むコントローラ  $C'(s)$  のチューニングにより、操舵感  $G_{sf}$  の伝達特性が所望の特性になるように設計してから  $SAT$  フィルタ 121 ( $Q$ ) のチューニングにより路面情報感度  $G_{ds}$  の伝達特性を所望の特性にすることで、2 つの評価関数を同時に満足する制御系の設計が容易になる。つまり、2 自由度制御系を構築できたことになる。

第 5 図に操舵感の目標伝達特性を示す。ここで、ゲイン  $K_{sf}$  はステアリング操舵の重さを左右し、ゲイン  $K_{sf}$  が大きいとステアリングは重くなり、ゲイン  $K_{sf}$  が小さいとステアリングは軽くなるが、この特性は運転者の好みによって決まるものである。また、転舵追従性の観点から、できるだけ高い周波数 ( $f_{st1}$  は 5 Hz 以上、 $f_{st2}$  は車両特性やモータの特性等に依存) までゲインが一定になるように設定することを目標とする。

また、第 6 図に路面感度情報の目標伝達特性を示す。路面情報は運転

者にとって重要な情報の1つである。しかし、経験上10Hz～30Hzの間に不要な路面情報が存在することが分かっているため、この周波数帯域の路面情報がステアリングに伝わるのを阻止するような周波数特性が目的となる。従って、下限周波数  $f_{da1}=10\text{Hz}$ 、上限周波数  $f_{da2}=30\text{Hz}$

5 程度になるように設計する。

ところで、トルクフィルタ114及びSATフィルタ121の役割は制御系設計のための調整パラメータと考えられ、トルクフィルタ114及びSATフィルタ121に必要とされる特性は、車両特性や他の制御器の特性によって変わると考えられる。従って、目標となる第5図に示す追従特性と、第6図に示す路面感度特性を実現するのに必要な特性とが、トルクフィルタ114及びSATフィルタ121に必要な特性となる。即ち、トルク信号  $T_r$  に対するトルクフィルタ114は電動パワーステアリング装置の追従特性を改善するために用いられ、(5)式において  $C'$  に含まれるトルク信号  $T_r$  に対するトルクフィルタ114の特性を調整することによって、第5図に示す追従特性を実現する。また、SATフィルタ121は路面情報感度特性を調整するために用いられ、SATフィルタ121の特性を調整することで第6図に示す路面感度特性を実現する。

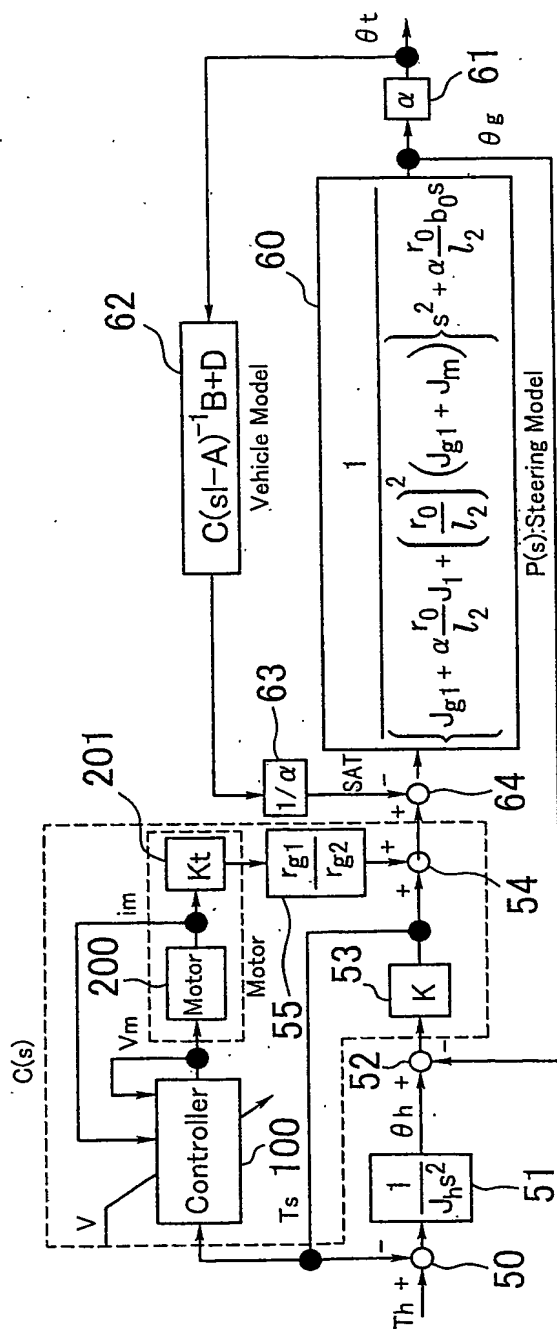
## 20 産業上の利用可能性

本発明によれば、トルク信号を処理するトルクフィルタと、SAT推定機能と、推定したSAT情報を周波数領域で加工することができるSATフィルタを持った2自由度制御系で構成されているため、操舵感と路面情報感度とを独立して設計することができる。その結果、理想的な路面情報感度と操舵感を同時に満足することができる制御系の設計が容易にできる。

## 請 求 の 範 囲

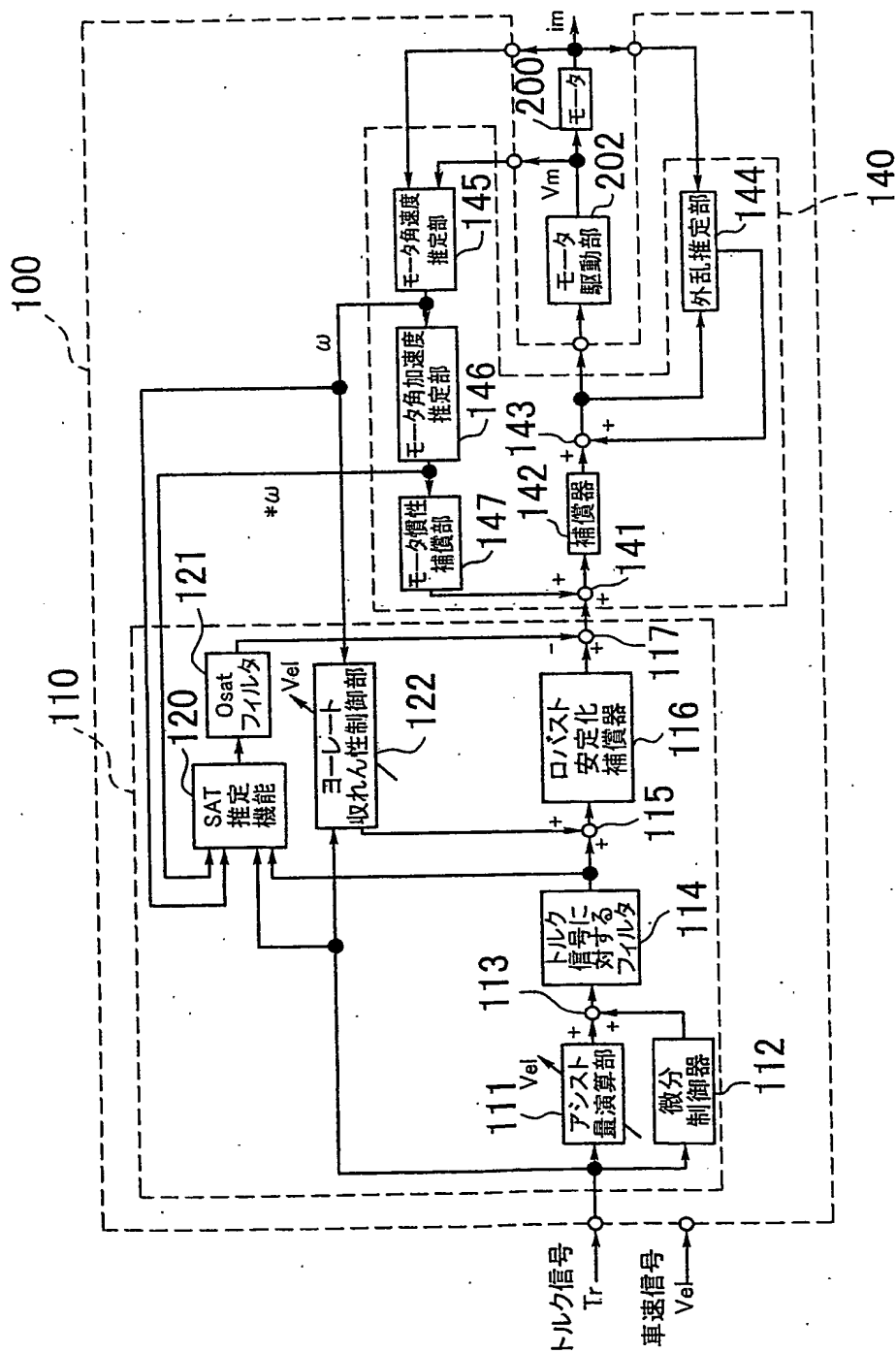
1. ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基いて演算された操舵補助指令値と、ステアリング機構に操舵補助力を与えるモータの電流  
5 検出値とから演算した電流指令値に基いて、前記モータを制御するよう  
になっている電動パワーステアリング装置において、トルク信号を処理  
するトルクフィルタと、SAT推定機能と、前記SAT推定機能からの  
SAT情報を信号処理するためのSATフィルタとを具備し、操舵感と  
路面情報感度の周波数特性を独立して設計することができる2自由度制  
10 御系を構成したことを特徴とする電動パワーステアリング装置。
2. 前記操舵感のゲインができるだけ高い周波数まで一定値を保つよう  
に設定している請求の範囲第1項に記載の電動パワーステアリング装  
置。
3. 前記路面情報感度が不要な周波数帯域の情報を除去できる請求の範  
15 囲第1項に記載の電動パワーステアリング装置。
4. 前記不要な周波数帯域が10Hz～30Hzである請求の範囲第3  
項に記載の電動パワーステアリング装置。
5. 請求の範囲第1項乃至第4項のいずれかに記載の電動パワーステア  
リング装置を具備した自動車。

## 第 1 図

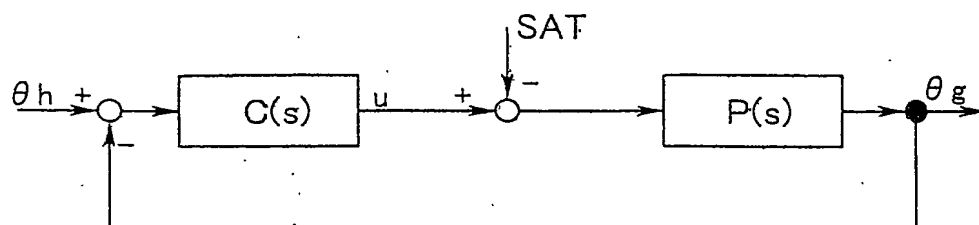




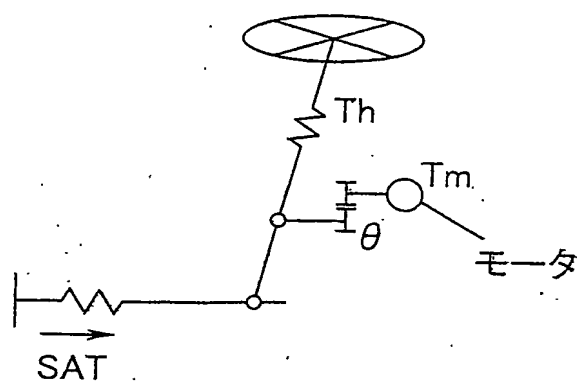
第 2 図



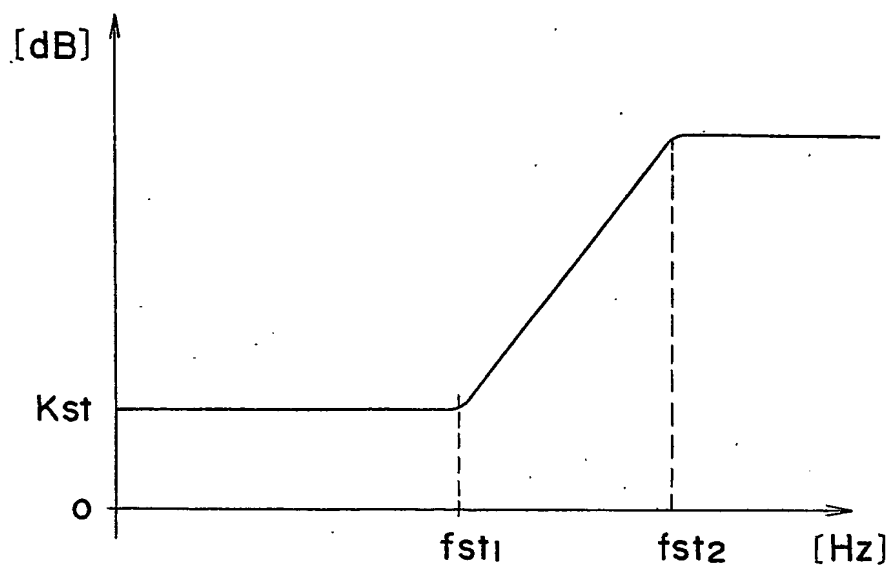
第3図



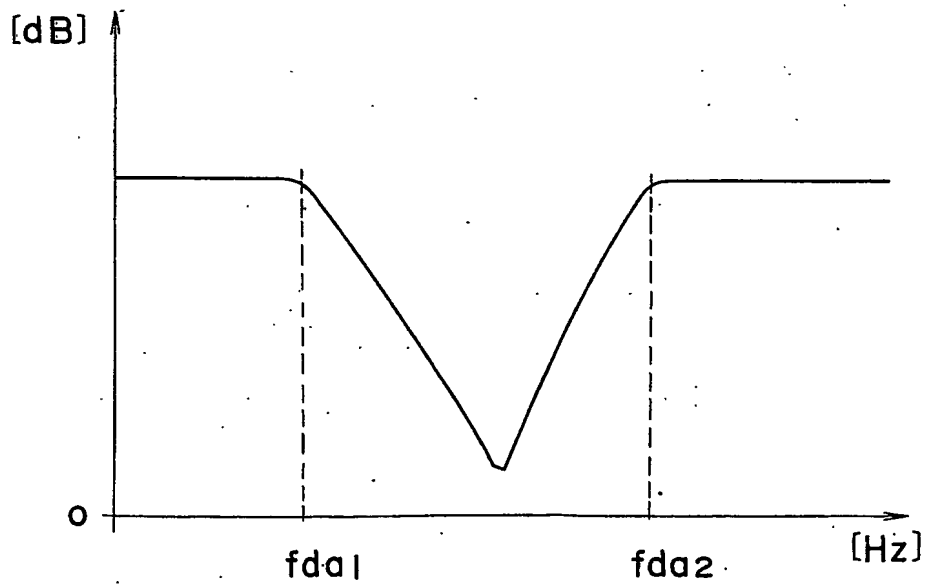
第4図



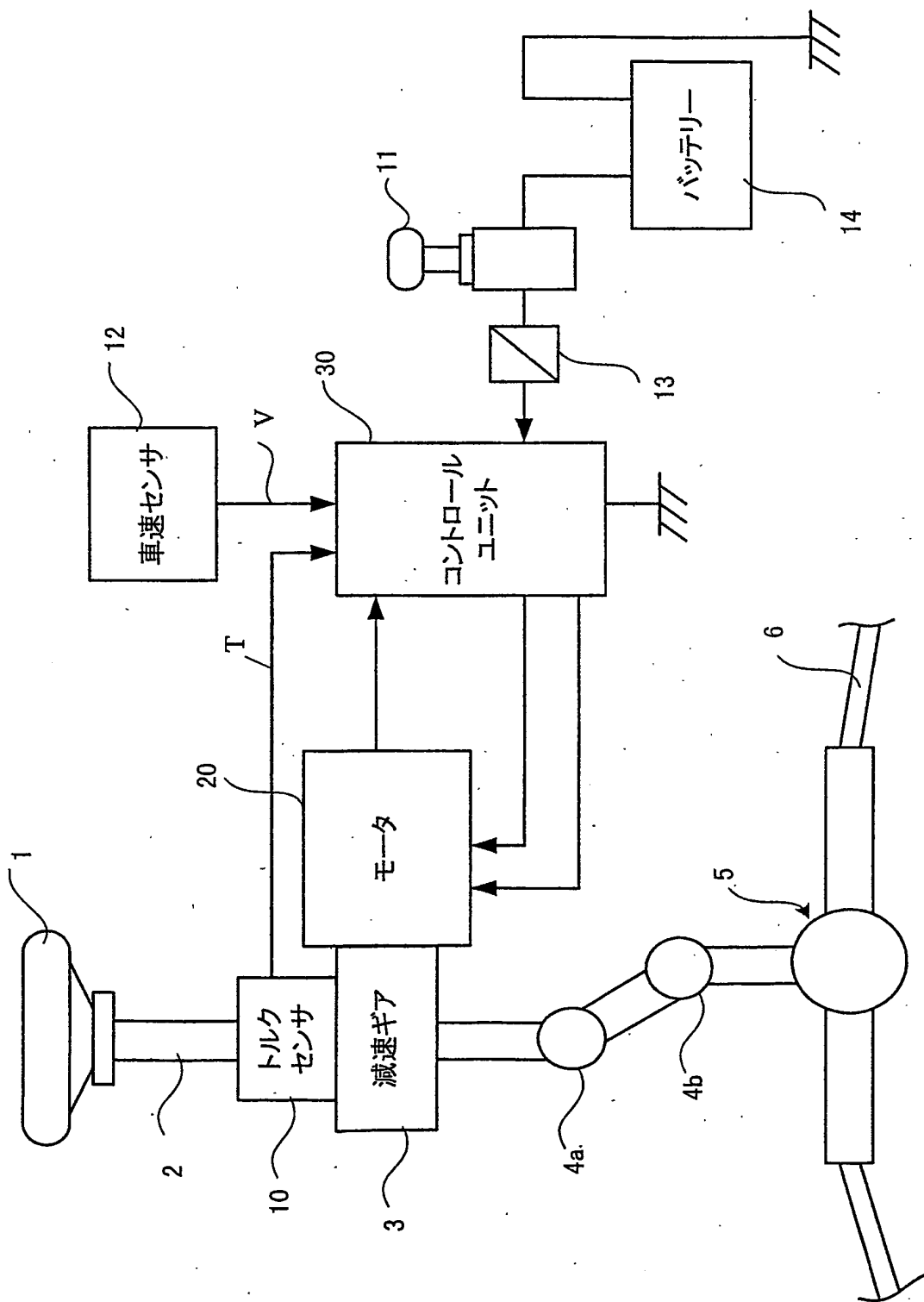
第 5 図



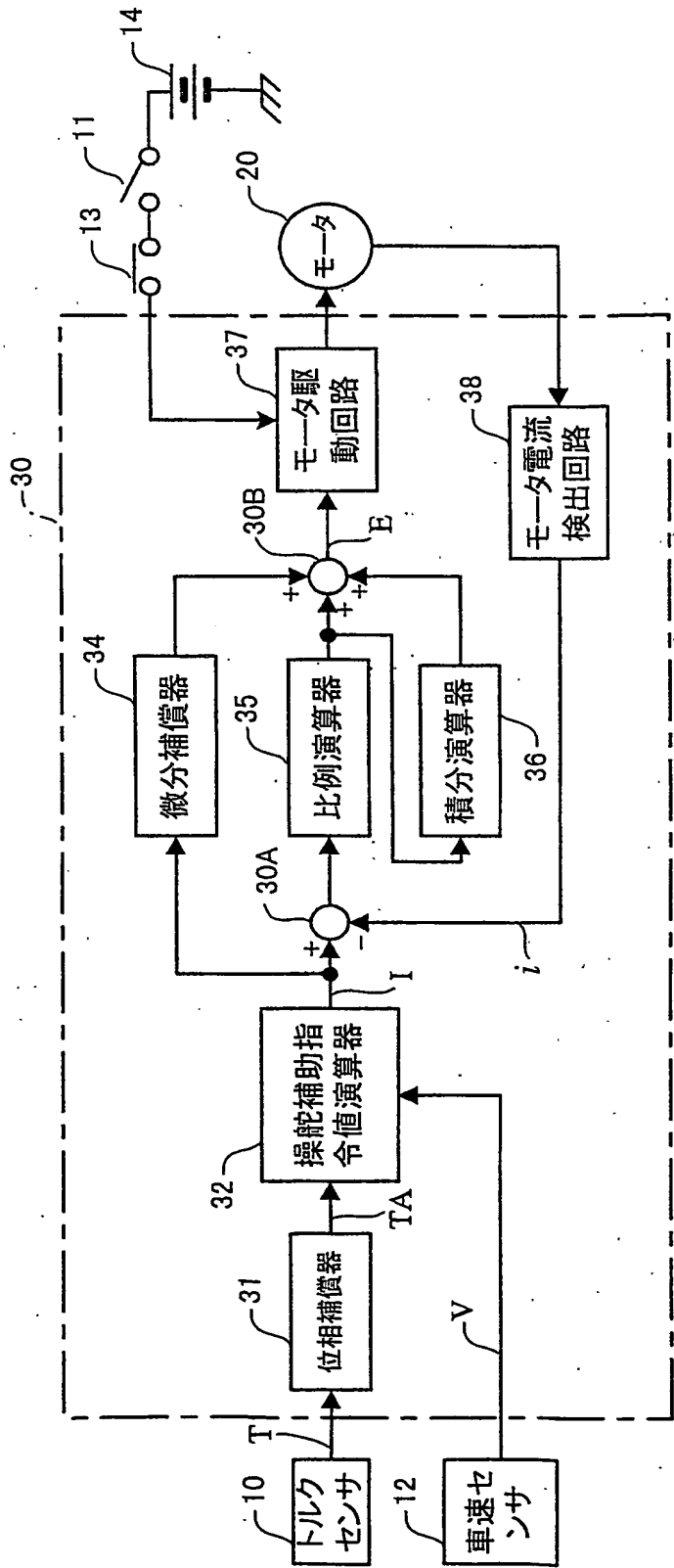
第 6 図



第7図



第8図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/11632

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B62D6/00, B62D5/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B62D6/00, B62D5/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2003-200844 A (NSK Ltd.), 15 July, 2003 (15.07.03), & WO 03/059719 A	1-5
P, A	JP 2002-369565 A (NSK Ltd.), 20 December, 2002 (20.12.02), (Family: none)	1-5
A	JP 2002-96752 A (NSK Ltd.), 02 April, 2002 (02.04.02), & DE 10146975 A & US 2002-56587 A	1-5
A	JP 2001-334948 A (NSK Ltd.), 04 December, 2001 (04.12.01), & WO 01/089911 A & GB 2367543 A	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
04 December, 2003 (04.12.03)

Date of mailing of the international search report  
24 December, 2003 (24.12.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> B62D6/00, B62D5/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> B62D6/00, B62D5/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PA	JP 2003-200844 A (日本精工株式会社) 2003.07.15&WO 03/059719 A	1-5
PA	JP 2002-369565 A (日本精工株式会社) 2002.12.20 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2002-96752 A (日本精工株式会社) 2002.04.02&DE 10146975 A&US 2002-56587 A	1-5
A	JP 2001-334948 A (日本精工株式会社) 2001.12.04&WO 01/089911 A&GB 2367543 A	1-5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.12.03

国際調査報告の発送日

24.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大谷謙仁

3Q

9433

電話番号 03-3581-1101 内線 3380